

## BAB II

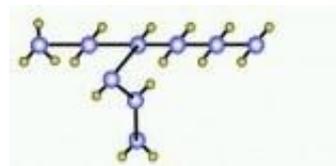
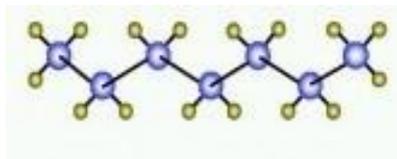
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Plastik

Plastik merupakan salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Penyusun utama plastik adalah senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan yang sering digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya (Kumar *et al.* 2011). Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*.

##### 2.1.1 Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru (UNEP, 2009). Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Bentuk struktur termoplastik sebagai berikut. (Beltrame *et al.* 2015).



**Gambar 2.1** Struktur Termoplastik-1      **Gambar 2. 2** Struktur Termoplastik-2

Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut :

- a. Berat molekul kecil
- b. Tidak tahan terhadap panas.

- c. Jika dipanaskan akan melunak
- d. Jika didinginkan akan mengeras.
- e. Mudah untuk diregangkan
- f. Fleksibel.
- g. Titik leleh rendah.
- h. Dapat dibentuk ulang (daur ulang).
- i. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.
- j. Memiliki struktur molekul linear/bercabang

Contoh plastik termoplastik sebagai berikut (Huang. et al, 2010).

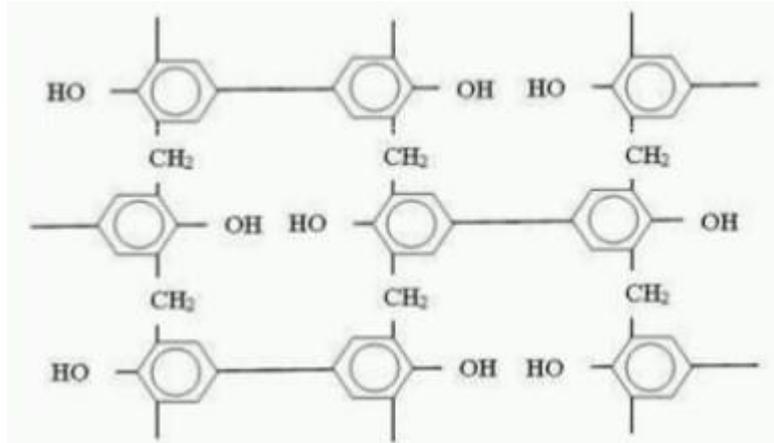
- a. Polietilena (PE) = Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
- b. Polivinilklorida (PVC) = Pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.
- c. Polipropena (PP) = Karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani.
- d. Polistirena (PS) = Insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju.

### 2.1.2 Polimer *Termosetting*

Polimer termosetting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan (UNEP, 2009). Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi.

Polimer termoseting memiliki ikatan – ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer.

Bentuk struktur ikatan silang sebagai berikut.



**Gambar 2.3.** Struktur Thermo Setting

(Sumber: Budiyanoro, 2010)

Sifat polimer termoseting sebagai berikut.

- a. Keras dan kaku (tidak fleksibel)
- b. Jika dipanaskan akan mengeras
- c. Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang).
- d. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun
- e. Jika dipanaskan akan meleleh.
- f. Tahan terhadap asam basa
- g. Mempunyai ikatan silang antarrantai molekul.

Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termoseting pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Perbedaan Termoplastik dan *Thermosetting*

<b>Polimer Termoplastik</b>	<b>Polimer <i>Thermosetting</i></b>
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak fleksibel
Titik leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

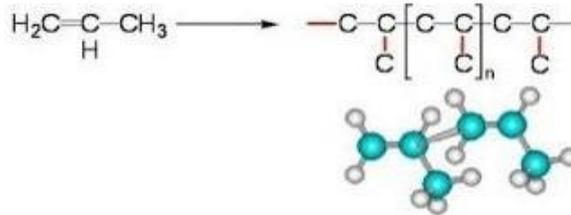
( Sumber: Kumar et al, 2011 ).

## 2.2 Plastik *Polypropylene* (PP)

Polipropilena merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. Polipropilena mempunyai Transisi gelas ( $T_g$ ) yang cukup tinggi ( $190^\circ\text{C}$ – $200^\circ\text{C}$ ), sedangkan titik kristalisasinya antara  $130^\circ\text{C}$ – $135^\circ\text{C}$ . Polipropilena mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (chemical resistance) yang tinggi, tetapi ketahanan pukulnya rendah (Mujiarto, 2005). Konduktivitas terhadap panas rendah (0,12 w/m), tegangan permukaan yang rendah, kekuatan benturan yang tinggi, tahan terhadap pelarut organik, bahan kimia anorganik, uap air, minyak, asam dan basa, isolator yang baik tetapi dapat dirusak oleh asam nitrat pekat, dan mudah terbakar oleh nyala yang lambat merupakan sifat yang dimiliki oleh plastik polipropilena.

Sifat kimia dari polipropilena mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alkohol dan sebagainya. Tetapi polipropilena dapat terdegradasi oleh zat pengoksidasi seperti asam nitrat dan hidrogen peroksida. Sifat kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan daya regangannya tinggi, kaku dan keras (Ningsih, 2010).

Struktur kimia dari polipropilena adalah  $(\text{C}_3\text{H}_6)_n$ :

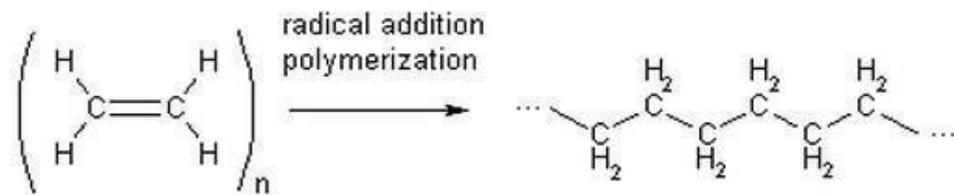


**Gambar 2.4** Struktur Kimia Polipropilena (Macklin, B. P., 2009)

## 2.3 HDPE (*High Density polyethylene*)

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah HDPE (High Density Polyethylene). Menurut Lester H. Gabriel, HDPE merupakan sebuah bahan termoplastik yang terbentuk dari atom karbon dan hidrogen yang bersatu dan membentuk berat molekul produk yang tinggi. Kemudian, dengan aplikasi panas dan tekanan, maka terbentuk polyethylene. Rantai polimer yang terbentuk sekitar 500.000 hingga 1.000.000 panjang unit karbon. Panjang atau pendek rantai samping

berada pada rantai utama molekul. Semakin panjang rantai utamanya, maka nomor atom dan berat molekulnya adalah yang terbaik. HDPE memiliki proporsi kristal (dengan beberapa cabang) yang baik daripada LDPE (Low Density Polyethylene). Sehingga, densitas dan ketahanannya sangat baik. Pada HDPE, rantai molekul tidak akan bertabrakan satu sama lain dan plastik akan mengalami pelelehan dengan aplikasi jumlah panas yang cukup, sehingga resin termoplastik akan terbentuk. Berdasarkan sifat mekaniknya, HDPE adalah bahan viskoelastik non-linear dengan sifat bergantung terhadap waktu.



**Gambar 2.5** Rantai *Polyethylene* (HDPE) (Kirk-Othmer, 2010)

## 2.4 Pirolisis

Proses pirolisis dapat disebut dengan proses perengkahan atau *cracking*. *Cracking* adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses *cracking plastic* ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Temperatur pirolisis berlangsung pada suhu 200-500°C. Pirolisis tidak bisa lepas dari alat separator yang digunakan sebagai media pemisah fluida produksi kedalam fasa cairan dan fasa gas, dimana fluida berat akan berada dibagian bawah dan fluida lebih ringan akan berada pada bagian atas. Berbeda halnya dengan destilasi yaitu metode pemisahan bahan kimia yang berdasarkan perbedaan kecepatan atau titik didihnya.

Faktor yang mempengaruhi pirolisis :

### 1. Kadar Air

Adanya air dalam bahan yang akan dipirolisis mempengaruhi proses pirolisis karena kadar air dalam bahan akan menggunakan energi untuk menghilangkan kandungan air. Energi dari luar yang seharusnya digunakan untuk proses pirolisis digunakan sebagian untuk proses pengeringan kadar air bahan.

Akibatnya bahan dengan kandungan air yang tinggi membutuhkan energi yang tinggi untuk proses pirolisis atau dengan kata lain pada energi yang sama bahan dengan kadar air yang tinggi menghasilkan gas yang lebih sedikit dari pada bahan dengan kadar air rendah.

## 2. Ukuran Partikel

Apabila ukuran partikel meningkat maka hasil dari padatan akan meningkat pula sedangkan hasil dari *volatile* dan gas akan menurun. Konsentrasi dari *volatile* dan gas meningkat sampai dengan nilai tertentu dan kemudian menurun sesuai dengan kenaikan ukuran partikel. Seiring dengan kenaikan ukuran partikel maka waktu yang digunakan untuk proses pirolisis pada temperatur tertentu juga akan meningkat (Chaurisia & Babu, 2005).

## 3. Laju Pemanasan

Menurut Besler & William (1996), ketika laju pemanasan dinaikkan maka padatan pada proses pirolisis akan menurun. Produk gas yang dihasilkan pada temperatur antara 200°C dan 400°C adalah CO dan CO<sub>2</sub>. Ketika laju pemanasan meningkat maka gas CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub> akan meningkat. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju pemanasan yang tinggi akan melepaskan gas hidrokarbon, begitupula dengan minyak akan meningkat seiring dengan kenaikan laju pemanasan.

## 4. Temperatur

Temperature merupakan faktor yang penting dalam menghasilkan produk pada proses pirolisis. Pada temperature yang lebih tinggi maka hasil gas yang dihasilkan semakin banyak. Hasil minyak akan meningkat sampai batas tertentu kemudian menurun, sedangkan padatan cenderung rendah. Semakin tinggi temperatur nilai kalor untuk hasil gas akan meningkat, namun untuk hasil padatan cenderung konstan (Encinar, 2009).

## 5. Bahan

Aydinli & Cagyar (2010), telah meneliti tentang kulit kemiri dengan plastik, hasil yang diperoleh yaitu dengan peningkatan jumlah plastic didapatkan

hasil minyak yang lebih banyak, padatan lebih sedikit, dan hasil gas yang cenderung sama.

#### 6. Komposisi Bahan Uji

Pada setiap penambahan material plastik didalam proses pirolisis menghasilkan suatu peningkatan kandungan hydrogen didalam minyak dibandingkan pada proses pirolisis tanpa bahan plastic. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi yang berbeda dari bahan yang diperlukan untuk proses pirolisis menghasilkan kandungan minyak yang berbeda

#### 7. Laju Nitrogen

Peningkatan dari laju nitrogen menyebabkan penurunan jumlah minyak dan peningkatan jumlah gas, sedangkan hasil padatan sedikit menurun (Encinar, 2009).

#### 8. Waktu Tinggal Padatan

Waktu tinggal padatan mempengaruhi jumlah hasil dari pirolisis karena semakin lama bahan didalam reactor maka padatan akan semakin terkomposisi menjadi minyak dan gas (Encinar, 2009).

### **2.5 Catalytic Cracking**

*Cracking* atau yang sering disebut dengan pirolisis adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa-senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses *cracking* plastik dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Terdapat tiga jenis proses *cracking* yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking* (Panda, 2011).

Menurut Trisunaryanti (2014) dikutip dari Sihombing, J.L., dkk (2017), reaksi *catalytic cracking* atau perengkahan katalitik adalah reaksi perengkahan menggunakan katalis (katalis heterogen) sebagai material yang mampu mempercepat laju reaksi untuk mencapai kesetimbangan dan menghasilkan produk akhir reaksi melalui mekanisme pembentukan ion karbonium. Menurut Nasikin dan Susanto (2010) dikutip dari Yolanda (2018) terdapat beberapa tahapan yang terjadi pada proses mekanisme reaksi katalitik:

1. Difusi eksternal, yaitu reaktan berdifusi ke permukaan katalis.
2. Difusi internal, yaitu reaktan berdifusi ke dalam rongga-rongga katalis menuju permukaan aktif katalis.
3. Adsorpsi, yaitu proses dimana reaktan terserap secara kimia ke permukaan aktif katalis.
4. Terjadinya reaksi pada sisi katalis sehingga reaktan terkonversi menjadi produk.
5. Desorpsi, yaitu proses dimana produk terlepas dari permukaan katalis.

Produk dari reaksi dapat diklasifikasikan sebagai produk gas (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>) dan produk cair (C<sub>5</sub>-C<sub>44</sub>). Produk gas dianalisa dengan kromatografi gas. Produk cair dianalisis dengan distilasi simulasi (ASTM metode D-2887), yang sesuai dengan bensin, turbosine (atau bahan bakar jet atau nafta), minyak tanah, minyak gas dan fraksi bahan bakar minyak. Tabel 2.1 menunjukkan produk cair yang sesuai dengan fraksi *refinery*.

**Tabel 2.2** Produk Cair yang Sesuai dengan Fraksi Refineri

Fraksi Refineri	Nomor Karbon	Boiling Point (°C)
<i>Gasoline</i>	C7-C11	39-220
<i>Kerosene-Diesel</i>	C12-C20	221-254
Pelumas	C21-C24	255-300
<i>Long Residu</i>	>C24	301-431
Asam Lemak dan Senyawa Lainnya	C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> O <sub>x</sub>	432-545

(Sumber : Data aktual Pertamina, Jakarta. 2016)

## 2.6 Katalis *Magnesium Karbonat* (MgCO<sub>3</sub>)

Magnesium karbonat (MgCO<sub>3</sub>) atau dikenal pula dengan nama lamanya *magnesia alba*, adalah suatu garam anorganik yang berupa padatan putih. Beberapa bentuk hidrat dan basa magnesium karbonat juga terdapat sebagai mineral.

Bentuk *Magnesium Karbonat* yang paling umum adalah garam anhidrat yang disebut *magnesit* (MgCO<sub>3</sub>) dan pentahidratnya yang dikenal sebagai *barringtonit*

( $\text{MgCO}_3 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ ), *nesquehonit* ( $\text{MgCO}_3 \times 3 \text{H}_2\text{O}$ ), dan *lansfordit* ( $\text{MgCO}_3 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ), berturut-turut (Margarete et al, 2005).



## 2.6. Rumus Kimia *Magnesium Karbonat* (Budianto, 2017)

Pirolisis plastik menggunakan bantuan katalis  $\text{MgCO}_3$  mampu membuat pirolisis plastik menjadi lebih baik, serta fraksi bensin dan solar yang di dapat menjadi lebih tinggi, dari keluaran liquid produk 1 dan liquid produk 2. Dari hasil penelitian di dapat bahwa dengan katalis  $\text{MgCO}_3$  di dapat yield OLP sebanyak 53.07 % dengan bantuan katalis sebanyak 30 % wt/wt lebih banyak jika dibandingkan tanpa katalis dengan jumlah yield 18.39% dan berdasarkan hasil analisa GCMS di dapat nilai kandungan prosentase terbaik untuk kandungan diesel adalah dengan penambahan katalis  $\text{MgCO}_3$  sebanyak 20% wt/wt yaitu sebesar 63.61 % fraksi diesel, 20.93 % fraksi gasoline serta 15.46 fraksi lain-lain.  $\text{MgCO}_3$  juga bisa menurunkan waktu pirolisis sebanyak 1 jam 20 menit jika dibandingkan tanpa bantuan katalis (Budianto, 2017).



